

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-276946

(43) 公開日 平成11年(1999)10月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I.

B 0 5 B 12/00

B 0 5 B 12/00

Z

B 0 5 D 3/00

B 0 5 D 3/00

D

7/14

7/14

L

審査請求 未請求 請求項の数41 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願平10-76137

(22) 出願日

平成10年(1998)3月24日

(71) 出願人 592249636

ビーエーエスエフ、コーポレーション

BASF CORP.

アメリカ合衆国ニュージャージー州、マウ

ント、オリーブ、コンティネンタル、ドラ

イブ、ノース、3000

(72) 発明者 ケビン、スルザークチーク

アメリカ合衆国ミシガン州、テイラー、モ

ンロー、ブルーバード、9733

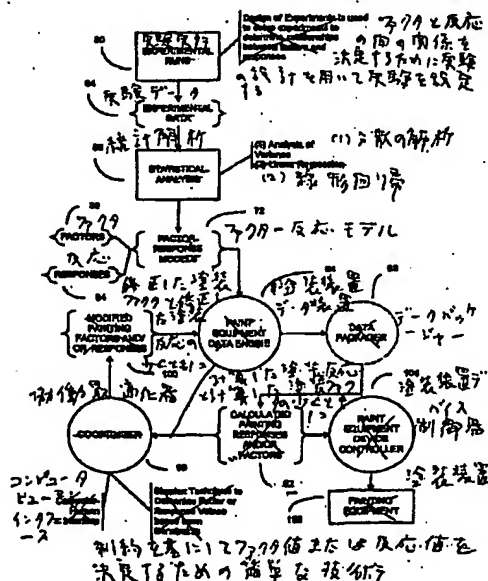
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 塗装装置の制御装置および制御方法並びに塗装装置制御用記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 所定の希望塗装反応レベルが生じさせられるように、塗装装置を制御する塗装装置の制御装置および制御方法並びに塗装装置制御用記録媒体を提供する。

【解決手段】 希望の塗装属性を達成できるように、塗装装置の制御装置が自動車塗装装置を制御する。塗装ファクタを塗装反応に相互に関連させる数学モデルを蓄積するためにデータベースを用いる。塗装ファクタは塗装装置の制御設定を含む。塗装反応は塗料の外観などの塗装属性と、塗料の付着属性とを含む。データベース装置が、モデルと、最初に選択された塗装ファクタ値とを基にして塗装反応に対する値を決定する。協働最適化器がデータベース装置の出力を用いて、希望の塗装属性を達成する塗装ファクタのための値の第2のセットを決定する。これにより、塗装装置は協働最適化器によって決定された塗装ファクタ値を基にして制御される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の希望レベルの塗装反応が発生されるように塗装装置を制御する塗装装置の制御装置であって、

塗装装置を制御するための設定値を示すレベルを有する少なくとも 1 つの所定の塗装ファクタを塗装反応に相互に関連づける、塗装ファクタ・反応モデルを蓄積するデータベースと、

このデータベースに接続され、前記モデルと前記塗装ファクタの第 1 のレベルとを基にして前記塗装反応のためのレベルを決定するデータベース装置と、

このデータベース装置に接続され、前記データベース装置からの前記塗装反応の決定されたレベルを基にして、前記塗装反応の希望のレベルを発生する前記塗装ファクタの第 2 のレベルを決定する協働最適化器と、  
を備え、前記塗装装置は、希望のレベルの前記塗装反応を生ずる前記塗装ファクタの前記決定された第 2 のレベルを基にして制御される、塗装装置を制御する塗装装置の制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記モデルは、前記塗装ファクタおよび前記塗装反応を含む実験の設計を基にする塗装装置の制御装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記データベースの前記モデルは複数の塗装ファクタを複数の塗装反応に相互に関連づけることを含む塗装装置の制御装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の塗装装置の制御装置であって、前記協働最適化器は、前記塗装ファクタの第 2 のレベルの決定において、前記複数の塗装ファクタに対する許容できるレベル範囲と、前記複数の塗装反応に対する許容できるレベル範囲とを制約する塗装装置の制御装置。

【請求項 5】 請求項 3 記載の塗装装置の制御装置であって、前記協働最適化器は、前記複数の塗装ファクタに対する許容できるレベル範囲と、前記複数の塗装反応に対する許容できるレベル範囲とを制約するためのコンピューター・ヒューマン・インタフェースを含む塗装装置の制御装置。

【請求項 6】 請求項 3 記載の塗装装置の制御装置であって、前記塗装ファクタの前記第 2 のレベルを決定するための簡単な計算器モジュールを更に備える塗装装置の制御装置。

【請求項 7】 請求項 3 記載の塗装装置の制御装置であって、前記データベース装置は、前記モデルを基にして、および前記複数の前記塗装ファクタについてのレベルを基にして前記複数の塗装反応についてのレベルを決定する塗装装置の制御装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載の塗装装置の制御装置であって、前記複数の塗装反応についての前記決定されたレベルをパッケージするためのデータパッケージを更に備

え、前記複数の塗装反応についての前記パッケージされ、かつ決定されたレベルはコンピューター・ヒューマン・インタフェースによりアクセスできる塗装装置の制御装置。

【請求項 9】 請求項 7 記載の塗装装置の制御装置であって、前記協働最適化器は、前記複数の前記塗装ファクタについての第 2 のレベルを、前記データベース装置からの前記複数の塗装反応の決定されたレベルを基にして決定する塗装装置の制御装置。

【請求項 10】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記協働最適化器は、前記塗装ファクタの第 2 のレベルを決定する際に前記塗装反応についての許容レベル範囲を制約する塗装装置の制御装置。

【請求項 11】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記協働最適化器は、前記塗装ファクタの第 2 のレベルを決定する際に前記塗装反応についての許容レベル範囲を制約する塗装装置の制御装置。

【請求項 12】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記協働最適化器は、前記塗装ファクタの第 2 のレベルを決定する際に前記塗装ファクタについての許容レベル範囲と前記塗装反応についての許容レベル範囲を制約する塗装装置の制御装置。

【請求項 13】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記協働最適化器は、前記塗装ファクタの第 2 のレベルを決定する際に前記塗装ファクタについての許容レベル範囲と前記塗装反応についての許容レベル範囲を制約するためのコンピューター・ヒューマン・インタフェースを含む塗装装置の制御装置。

【請求項 14】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記塗装ファクタの前記第 2 のレベルを決定するための簡単な計算器モジュールを更に備える塗装装置の制御装置。

【請求項 15】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記塗装ファクタの前記決定された第 2 のレベルを基にして前記塗装装置を制御するデータ通信リンクを更に備え、前記塗装ファクタの前記決定された第 2 のレベルは前記データ通信リンクを介して前記塗装装置をアクセスできる塗装装置の制御装置。

【請求項 16】 請求項 1 記載の塗装装置の制御装置であって、前記塗装反応の前記決定されたレベルをパッケージするためのデータパッケージを更に備え、前記塗装反応の前記パッケージされ、かつ決定されたレベルをコンピューター・ヒューマン・インタフェースによってアクセスできる塗装装置の制御装置。

【請求項 17】 所定の希望レベルの塗装反応が発生するように塗装装置をコンピュータで制御する塗装装置の制御方法であって、

塗装装置を制御するための設定値を示すレベルを有する少なくとも 1 つの所定の塗装ファクタを塗装反応に相互に関連づける、塗装ファクタ・反応モデルを蓄積する過

程と、

前記モデルと前記塗装ファクタの第1のレベルとを基にして前記塗装反応のためのレベルを決定する過程と、  
前記データベース装置からの前記塗装反応の決定されたレベルを基にして、前記塗装反応の希望のレベルを発生する前記塗装ファクタの第2のレベルを決定する過程と、  
前記塗装反応の希望のレベルを生ずる前記塗装ファクタの前記決定された第2のレベルを基にして前記塗装装置を制御する過程と、  
を備える塗装装置の制御方法。

【請求項18】請求項17記載の方法であって、前記モデルは、前記塗装ファクタおよび前記塗装反応を含む実験の設計を基にする塗装装置の制御方法。

【請求項19】請求項17記載の塗装装置の制御方法であって、前記データベースの前記モデルは複数の塗装ファクタを複数の塗装反応に相互に関連づける塗装装置の制御方法。

【請求項20】請求項19記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記塗装ファクタの第2のレベルの決定において、前記複数の塗装ファクタに対する許容できるレベル範囲と、  
前記複数の塗装反応に対する許容できるレベル範囲とを制約する過程、を更に備える塗装装置の制御方法。

【請求項21】請求項19記載の塗装装置の制御方法であって、コンピュータ・ヒューマン・インタフェースを用いて、前記塗装ファクタの第2のレベルを決定する際に、前記複数の塗装ファクタに対する許容できるレベル範囲と、前記複数の塗装反応に対する許容できるレベル範囲とを制約する塗装装置の制御方法。

【請求項22】請求項19記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記塗装ファクタの前記第2のレベルを簡単な計算器モジュールを介して決定する過程、を更に備える塗装装置の制御方法。

【請求項23】請求項19記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記モデルを基にして、および前記複数の前記塗装ファクタについてのレベルを基にして前記複数の塗装反応についてのレベルを決定する過程、を更に備える塗装装置の制御方法。

【請求項24】請求項23記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記複数の塗装反応についての前記決定されたレベルをパッケージする過程、を更に備え、前記複数の塗装反応についての前記パッケージされ、かつ決定されたレベルはコンピュータ・ヒューマン・インタフェースによりアクセスできる塗装装置の制御方法。

【請求項25】請求項23記載の塗装装置の制御方法であって、

前記複数の前記塗装ファクタについての第2のレベルを、前記データベース装置からの前記複数の塗装反応の決定されたレベルを基にして決定する過程、を更に備える塗装装置の制御方法。

【請求項26】請求項17記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記塗装ファクタの第2のレベルを決定する際に前記塗装反応についての許容レベル範囲を制約する過程、を更に備える塗装装置の制御方法。

10 【請求項27】請求項17記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記塗装ファクタの第2のレベルを決定する際に前記塗装反応についての許容レベル範囲を制約する過程、を更に備える塗装装置の制御方法。

【請求項28】請求項17記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記塗装ファクタの第2のレベルを決定する際に前記塗装ファクタについての許容レベル範囲と前記塗装反応についての許容レベル範囲を制約する過程を更に備える塗装装置の制御方法。

20 【請求項29】請求項17記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記塗装ファクタの第2のレベルを決定する際に前記塗装ファクタについての許容レベル範囲と前記塗装反応についての許容レベル範囲を制約するためのコンピュータ・ヒューマン・インタフェースを使用する塗装装置の制御方法。

【請求項30】請求項17記載の塗装装置の制御方法であって、  
30 簡単な計算器モジュールを介して前記塗装ファクタの前記第2のレベルを決定する過程、を更に備える塗装装置の制御方法。

【請求項31】請求項17記載の塗装装置の制御方法であって、前記塗装ファクタの前記決定された第2のレベルをデータ通信リンクを介してアクセスできる塗装装置の制御方法。

【請求項32】請求項17記載の塗装装置の制御方法であって、  
前記塗装反応の前記決定されたレベルをパッケージする過程、を更に備え、前記塗装反応の前記パッケージされ、かつ決定されたレベルをコンピュータ・ヒューマン・インタフェースによってアクセスできる塗装装置の制御方法。

【請求項33】(a) 塗装装置を制御するための設定値を示すレベルを有する少なくとも1つの所定の塗装ファクタを塗装反応に相互に関連づける、塗装ファクタ・反応モデルをコンピュータ蓄積媒体に蓄積する過程と、

(b) 前記塗装反応の希望レベルを基にして前記モデルのための少なくとも1つの制約を設定する過程と、

50 (c) 前記設定された制約を有する前記モデルを基にし

て、前記塗装反応の希望のレベルを発生する前記塗装ファクタのレベルを決定する過程と、

(d) 前記塗装反応の希望のレベルを生ずる前記塗装ファクタの前記決定されたレベルを基にして前記塗装装置を制御する過程と、を備える、塗装反応の所定の希望レベルが発生されるように塗装装置を制御するコンピュータで実現する塗装装置の制御方法。

【請求項34】請求項33記載の塗装装置の制御方法であって、前記設定された制約を有する前記モデルは、制約されている少なくとも1つの塗装ファクタのレベルを有することを含む塗装装置の制御方法。

【請求項35】請求項33記載の塗装装置の制御方法であって、前記データベースの前記モデルは複数の塗装ファクタを複数の塗装反応に相互に関連づけることを含む塗装装置の制御方法。

【請求項36】請求項33記載の塗装装置の制御方法であって、前記設定された制約を有する前記モデルは、制約されている複数の塗装ファクタのレベルを有することを含む塗装装置の制御方法。

【請求項37】請求項36記載の塗装装置の制御方法であって、前記設定された制約を有する前記モデルは、制約されている複数の塗装反応のレベルを有することを含む塗装装置の制御方法。

【請求項38】請求項33記載の塗装装置の制御方法であって、塗装反応の前記希望レベルが発生されるまで過程(b)と(c)を繰り返し実行する塗装装置の制御方法。

【請求項39】塗装ファクタタイプデータと塗装ファクタ値データを含み、データベースに蓄積されている情報をアクセスする塗装ファクタデータ構造と、塗装反応タイプデータと塗装反応値データを含み、前記メモリに蓄積され、かつデータベースに蓄積されている情報をアクセスする塗装反応データ構造と、を備え、前記塗装反応タイプデータは前記塗装ファクタタイプデータに対して機能的相互関係を有し、前記塗装反応値データは前記塗装反応ファクタデータと、前記相互関係と、前記塗装反応ファクタデータおよび前記塗装反応データとから塗装装置の制御のために適当な塗装反応値データを決定するためのプログラムとを基にして決定される、データと、塗装装置の制御装置によりアクセスするための少なくとも1つのプログラムとを蓄積する読出しできる記録媒体。

【請求項40】請求項39記載の記録媒体であって、前記塗装ファクタデータ構造と前記塗装反応データ構造とに対して簡単な数学技術を実行する時に、前記塗装ファクタタイプデータのどれを制約すべきかを指示するための塗装ファクタ制約データ構造、を更に備え、前記塗装ファクタ制約データ構造は、前記塗装ファクタ制約データ構造によって制約されているものとして示されている塗装ファクタデータを有する塗装ファクタ値データに

対する許容できる値範囲を指示するメモリ。

【請求項41】請求項40記載の記録媒体であって、前記塗装はデータ構造と前記塗装反応データ構造とに対して簡単な数学技術を実行する時に、前記塗装反応タイプデータのどれを制約すべきかを指示するための塗装反応制約データ構造、を更に備え、前記塗装反応制約データ構造は、前記塗装反応制約データ構造によって制約されているものとして示されている塗装反応データを有する塗装反応値データに対する許容できる値範囲を指示する記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は全体として塗装装置に関するものであり、更に詳しく言えば、自動車塗装用塗装装置の制御装置および塗装方法並びに塗装装置制御用記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車塗装化学の理論および種々の基体へのその応用が過去10年間にかなり進歩したが、それについての知識の大部分は研究室に厳しくとどまっている。その研究室の知識のほんのわずかな部分が自動車工場環境に拡まっていてだけである。その理由は、研究室から得られた知識が難解な性質のものであること、および科学者または技術専門家が理論的知識の応用に完全に参加すべきであるという諸要求に主としてある。

【0003】研究室の研究者達は、塗装ファクタ(painting factor)と塗装反応(painting response)との間の相互関係を研究するために、複雑な構成の実験を行っている。科学者達の研究によって、相互関係の三次元表示(たとえば、図1に示すように)を要するように通常は非常に複雑な数学モデルが作成されている。

【0004】図1における種々の表面は3つの塗装ファクタと1つの塗装反応との間の相互関係の例を示す。塗装ファクタというのは、ベル速さ(bell speed)、シェーピングエアなどの塗装スプレーガンの設定、およびベル塗料体とすることができ、塗装反応は塗料の光沢値などの吹き付けられた塗料の属性のことがある。図1は、塗装ファクタの変化が塗装反応にどのように影響するかを示すものである。たとえば、表面20は塗装ファクタのどのようなパラメータが反応値「30」を生ずるかを示す。図2〜図3に示すように、塗装ファクタと塗装反応の間の相互関係を二次元図で示すために輪郭図を使用できる。

【0005】自動車工場における実験結果を使用するために、輪郭図を研究して、特定の塗装反応を達成する最適塗装ファクタを決定する。2つの塗装反応について希望のレベルを達成するために必要であったのはどの塗装ファクタであったかを決定するために、2つの塗装反応

の輪郭図を相互の上に置く(図2参照);その後で、両方の希望の塗装反応レベルに共通の面積を基にして塗装ファクタを決定した。輪郭図を解析することの困難さが含まれる塗装ファクタの数と塗装反応の数とを劇的に増加する。

【0006】最初に研究室で決定した最適塗装ファクタセットから塗装ファクタと塗装反応を変更しなければならない時には、常に変化する工場環境内では実験手法の設計は使用されなかった。工場環境内の常に変化する塗装ファクタおよび塗装反応に効果的に対処するためには、輪郭図の扱いにくい構成により、塗装ファクタを変更することを支援するそれらの輪郭図の性能が妨げられる。したがって、希望の塗装反応を達成するために工場内で塗装ファクタを変更することは芸術的な性格のものであった。この芸術的な性格は、自動車工場内の塗装装置の取扱いに長年経験を積んで学習すべきものであった。それらの理由から、自動車工場環境は、塗装装置の調整のため、とくに、工場環境の変化または塗装装置自体の変化に反応してのリアルタイムの調整、またはリアルタイムに近い調整のための実験設計の手法に欠ける。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、所定の希望塗装反応レベルが生じさせられるように、塗装装置を制御する塗装装置の制御装置および制御方法並びに塗装装置制御用記録媒体を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の制御装置は塗装ファクター反応モデルを蓄積するデータベースを含む。そのモデルは少なくとも1つの所定の塗装ファクタを塗装反応に相互に関連させる。塗装ファクタは、塗装装置を制御するための設定値を示すレベルを有する。また、モデルと塗装ファクタの第1の所定レベルとを基にして当のレベルを決定するために、データベース装置がデータベースに接続される。データベース装置からの決定された塗装反応レベルを基にして希望の塗装反応レベルを生ずる第2の塗装ファクタレベルを決定するために、協調最適化器がデータベースに接続される。協調最適化器(cooptimizer)がその決定を行った後で、希望の塗装反応を生じた決定された第2の塗装ファクタレベルを基にして塗装装置が制御される。

【0009】本発明は、データ処理装置が実行する、塗装装置の制御装置がアクセスするデータを蓄積するためのメモリも含む。塗装ファクタデータ構造がメモリに蓄積され、ファクター反応モデルを有するデータベースに蓄積されている情報をアクセスする。塗装ファクタデータ構造は塗装ファクタタイプデータと塗装ファクタ値データとを含む。また、塗装反応データ構造がメモリに蓄積され、データベースに蓄積されている情報をアクセスする。

【0010】塗装反応データ構造は塗装反応タイプデータと塗装反応値データとを含む。塗装反応値データは塗装反応タイプデータと相互関係とを基にして決定される。

【0011】

【発明の実施の形態】図5は塗装装置108と、塗装装置の制御装置へのそのインタフェースとを示す。塗装装置の制御装置は、塗装装置108の制御設定23のための値を決定できる第1のコンピュータ22を含む。制御設定23は自動車組立ライン内の自動車にスプレーガン24が塗料をどのようにして吹き付けるかを決定する。塗装装置108およびそのスプレーガン24はBinxs-Sames社またはITW DeVilbiss社などから入手できる。

【0012】制御設定23には塗装ファクタが組合わされる。その塗装ファクタは、ファクター反応モデル72と希望の塗装反応とを基にして第1のコンピュータ22により計算される。第1のコンピュータ22は、塗装ファクタのレベルと塗装反応のレベルとを指定するためのコンピューター・ヒューマン・インタフェース29を含む。コンピューター・ヒューマン・インタフェース29のユーザーは、第1のコンピュータ22からの計算した塗装ファクタを基にして塗装装置108の制御設定23を調整する。

【0013】他の実施の形態では、第1のコンピュータ22トランスデューサにコンピュータ26との間のデータ通信を行うためにデータ通信リンク25を使用できる。塗装装置の制御装置の一部である第2のコンピュータ26を用いて、第1のコンピュータ22からの計算された塗装ファクタを基にして制御設定23を直接制御する。更に他の実施の形態は、第1のコンピュータ22のユーザーが第1のコンピュータ22からの計算された塗装ファクタを第2のコンピュータ26に入れる。図6は本発明のコンピューター・ヒューマン・インタフェース(全体として29で)のための好適な実施の形態を示す。このコンピューター・ヒューマン・インタフェースはファクタ30と反応34を表示する。反応34はファクタ30を基にして計算される。ユーザー(またはコンピューター・ヒューマン・インタフェースに結合されるコンピュータプログラム)が、反応34に及ぼす修正の影響を判定するために、各ファクタ30のレベルを修正できる。

【0014】この例のために、ファクタ30は塗装吹き付けガンのためのベル速さと、シェーピングエアと、ベル塗料とを含む。ファクタ30を反応34に相互に関連させるために実験の設計を前もって行う。実験の設計はG. E. T. Box, W. G. Hunter, および J. S. Hunter 著「実験者のための統計学(Statistics For Experimenters)」、Jhon Wiley and Sons,



Inc., New York, 1978 (とくに291~373ページ参照)に記載されているようにして行うことができる。

【0015】使用者の便宜のために、コンピュータはコンピュータ・ヒューマン・インタフェース上に、実験の設計で学習した特定のファクタおよびその範囲を示す。ボックス38はそれらの学習したファクタレベルを提供する。この特定の例のために、ベル速さファクタの範囲は1分間当り30000~40000回転(RPM)であった。シェーピングエア・ファクタの範囲は28 p. s. i. から36 r. s. i. までであった。ベル塗料体ファクタの範囲は1分間当り220立方センチメートル(cc/min)から300(cc/min)であった。実験の設計を行った。これによって、塗料を基体に吹き付けている間にファクタ30をそれぞれの範囲にわたって変化した。塗料を基体に吹き付けた後で反応34を測定した。その後で反応30を測定された反応34に相互に関連させてファクター反応モデル72を発生した。

【0016】ボックス38は実験の設計のために選択したファクタレベルの範囲を与える。実験の設計により調べた範囲内に止まることがユーザーにとっては望ましい。好適な実施の形態は各塗装ファクタに対する中心点を初期値として使用する。その後でユーザーは塗装ファクタを中心点値から変更できる。

【0017】ボックス38に示されている範囲の外のファクタ値は、この特定の例に対して意図された範囲の外にあるから、余り信頼できない結果を与えることがある。しかし好適な実施の形態では、そのR-二乗された(調整された)値が90%またはそれ以上であるような塗装反応では、それに組合わされている塗装ファクタがそれぞれの実験範囲を超えることがある。最後に、塗装識別情報を特定の塗装材料としてファクタ30と反応34とに組合わせるために、その情報を場所42に入れることができる。

【0018】図5、6はファクタ30と反応34とのリストの例を示しているだけであることを理解すべきである。本発明は他のファクタと他の反応とを含むが、それらに限定されるものではない。たとえば、ファクタは次のような塗装作業変数を含むことができる。すなわち、塗装ブース温度、ブース湿度、ブース下方/側方一通風、循環温度、循環流量/圧力、IR電気的設定、滞留空気流量(FPM)、滞留空気温度、フラッシュ時間、焼き付け時間/温度、焼き付け勾配(1分間当りのカ氏度)、ラインの速さ、ベルカップ設計、装置形式/製造者、装置目標距離、ベル速さ(RPM)、電圧、膜分割(すなわち、第1の皮膜/第2の皮膜)、レシプロケータ塗料、レシプロケータチップ速さ、パーセント塗り合わせ、ガン/カップ/ノズル設計、塗料送り出し、シェーピングエア、および霧化空気。

【0019】その他の塗装ファクタは、粘度・パーセント不揮発・付着温度・成分種類/レベルなどの製品特性、技術/化学(水性化学または純粋の溶剤化学(waterborn or pure solvent-based chemistry))、原材料供給者、供給者工場/場所、製造装置形式/製造者、製造ドエル時間(manufacturing dwell time)、調整の回数/量、ずり履歴(shear history)、処理温度、および保管時間/温度を含む。

【0020】塗装反応は次の塗料外観属性などの塗料属性を含むことができる: 光沢-水平(gloss-horizontal)、光沢-垂直(gloss-vertical)、イメージの明瞭さ-水平(distinctness of image-horizontal)(DOI-H)、DOI-垂直、はがれ-水平、はがれ-垂直、OAR-水平(この反応は光沢、DOI、およびはがれ反応)、OAR-V、色外観反応(L、a、b色値など)等。また、反応は、平均膜形成、ベルパターン幅、パターンのパーセント変化、ポップ(pop)値、たれ値、ピンホール値等などを含むことがある。

【0021】この好適な実施の形態では、モデルがファクタ30を基にして反応34をどのように良く予測するかを示すために、R-二乗された(調整された)値が各反応に与えられる。この好適な実施の形態では、どの反応がモデルによって適切に記述されるかを決定するために、70%またはそれより高いR-二乗された(調整された)値を用いる。本発明は、R-二乗された(調整された)値を表示するために用いられず、または提供されるR-二乗された(調整された)統計情報のみに限定されず、そののみか、モデルが反応34をどれくらい良く対処するかを示す他の種類の統計情報も含む。

【0022】図7は本発明の種々の部品の間の相互関係と、プロセスの流れモデルを示す実体関係図である。ブロック60はモデルを構成するための実験データ64を生ずるために実験の実行を行うことを示す。塗装装置108を所定の希望するやり方で制御するために必要とするファクタおよび反応のおのおのをアドレスするために実験の実行は構成される。実験の統計的技術を用いて実験を設定する。それらの実験は終了して解析されると、ファクタと反応との間の関係を設定する。

【0023】ブロック68は実験データ64に対して行われる統計解析を示すものであって、この好適な実施の形態では、実験データ64に対して分散の解析と線形回帰とを行う。この統計解析によってファクター反応モデル72が発生される。

【0024】ファクター反応モデル72はファクタ30と反応34との間の相互関係を提供する。それらのファクター反応モデルおよびファクタ30の初期レベルを用いて、塗装装置データ装置84が反応の値を計算してそ

これらの値をデータパッケージ88に提供する。データパッケージ88は塗装装置データ装置84によって計算された反応値を、計算された塗装ファクタと塗装反応92とが情報の受け手が「理解できる」やり方で組み立てる。その受け手は協働最適化器96と塗装装置制御器104を含む。

【0025】塗装ファクタレベルと塗装反応レベルとの少なくとも一方の所定の希望のレベルを達成するために、協働最適化器96は種々の塗装ファクタレベルと塗装反応レベルとの少なくとも一方を調整する。協働最適化器96は、塗装ファクタレベルと塗装反応レベルとの少なくとも一方の修正されたもの100を塗装装置データ装置84に提供する。それらの修正100は、修正された塗装ファクタレベルと、修正された塗装反応レベルと、許容できる塗装ファクタレベルについての制約と、許容できる塗装反応レベルについての制約とを含むが、それらに限定されるものではない。協働最適化器96はコンピュータ・ヒューマン・インタフェースを用いて、修正100を塗装装置データ装置84に提供できる。他の実施の形態では、協働最適化器96は修正100を計算するために簡単な数学的技術を使用することもできる。協働最適化器96の好適な実施の形態はコンピュータ・ヒューマン・インタフェースと簡単な数学的技術を用いて、修正100を塗装装置データ装置84に提供する。

【0026】塗装ファクタレベルと塗装反応レベルとの少なくとも一方が協働最適化された後で、塗装ファクタレベルが塗装装置デバイス制御器104に供給される。その後で塗装装置デバイス制御器104はそれらのレベルに従って塗装装置108を制御する。

【0027】好適な実施の形態では、塗装装置デバイス制御器104はAEG社から入手できるような、制御器ソフトウェアを介して、計算された塗装ファクタを本発明から受ける。好適な実施の形態では、AEG制御器ソフトウェアは計算された塗装ファクタをアクセスする。1つの実施の形態が、協働最適化器96により決定された塗装制御ファクタをAEG制御器ソフトウェアに直接入れるユーザーを有する。本発明により発生されたデータをAEG制御器ソフトウェアに転送できるように、他の実施の形態がAEG制御器ソフトウェアと本発明の間に通信リンクを設ける。

【0028】しかし、本発明はこの実施の形態に限定されず、塗装装置デバイス制御器104によって読まれるデータファイルまたはデータテーブルに、計算した塗装ファクタを置くような本発明の他の実施の形態を含むことを理解すべきである。

【0029】図8ないし図9は、希望の塗装反応を達成するために必要な塗装ファクタを計算するための流れ図を示す。図8を参照して、スタートブロック110がブロック111を実行すべきことを指示する。ブロック1

11において、数学モデルの入力および取扱いができるソフトウェアパッケージがユーザーのコンピュータスクリーン上に表示される。好適な実施の形態では、Microsoft Excelが選択される。

【0030】ブロック113では、統計解析（すなわち、過去の実験設計努力）からの数学モデルがMicrosoft Excelスプレッドシートセルに入れられる。この数学モデルは、実験の設計中に学習された各塗装反応を表すブロック114では、各ファクタの中心点設定が各塗装ファクタセルに入れられる。ブロック115では、R-二乗（調整された）値および実験ファクタ範囲がコンピュータスクリーンに付加される。処理は継続ブロックA116に続く。

【0031】図9を参照して、継続ブロックA116はブロック117を実行すべきことを指示する。ブロック117では、ユーザーは対象とするファクタ設定を修正する。ブロック118では、ソフトウェアパッケージが蓄積されている統計モデルを基にして予測された反応を再び計算する。ブロック119では、反応の希望の予測されたデータが得られるまでユーザーは塗装ファクタ変化の入力を続ける。ブロック120では、塗装作業者が塗装装置のプロセスファクタ（すなわち、制御設定）を変更する。処理は終了ブロック121で終了する。

【0032】図10は図6のスクリーン表示のためのスプレッドシートセル場所識別子を示す。列識別子を130で全体として示す。行識別子を134で全体として示す。列識別子と行識別子との組み合わせが図10のコンピュータスクリーン上の各エントリを一意に識別する。それらの識別子をを好適な実施の形態で用いてファクタ反応モデルにより決定される計算のような計算を実行する。しかし、本発明はこの特定の実施の形態に限定されるものではなく、モデルを基にして計算を行うための他のやり方を用いることを含むことを理解すべきである。それらの他のやり方は、計算を行うためにMicrosoft Access Relational Database Management Systemなどの、非スプレッドシート・ソフトウェアツールを用いることを含む。更に他のやり方は、計算を行うために、FORTRANコンピュータプログラムなどの、他のコンピュータ言語を用いる。

【0033】好適な実施の形態では、塗装ファクタレベルは所定のスプレッドシートセル場所に値を含む。たとえば、ベル速さ値「40」が、場所138に示されているようにスプレッドシートセル場所B11にある。またたとえば、ベル塗料値「295」が、場所142に示されているようにスプレッドシートセル場所D11に設けられる。最後に、「77.89」であるDO1-Hの塗装反応に対する値が、場所146に示されているようにスプレッドシートセル場所D15にある。下記は図10における塗装ファクタのリストを示すものである。



【0034】B11=ベル速さ=「40」  
 C11=シェーピングエア=「30」  
 D11=ベル塗料=「295」  
 下記は図10における塗装反応のリストを示すものである。

【0035】C15=光沢-H=「73.39」  
 D15=DO1-H=「77.89」  
 E15=はがれ-H=「73.35」  
 F15=光沢-V=「66.05」  
 G15=DO1-V=「71.94」  
 H15=はがれ-V=「57.66」  
 I15=OAR-H=「76.72」  
 J15=OAR-V=「65.09」  
 C20=平均膜形成=「0.71」  
 E20=ベルパターン幅(インチ)=「25.24」  
 H20=パターンの%変化=「4.50」  
 J20=ポップ値(Pop Value)=「-0.6」

図11はコンピュータスクリーンを示すものであって、\*

C15=光沢-H  

$$=66.39+0.00967003*(B11)^2-0.000717888*(B11*D11)$$
  
 D15=DO1-H  

$$=72.546+0.00776151*(B11)^2-0.000599535*(B11*D11)$$
  
 E15=はがれ-H  

$$=71.1084+0.0355215*(B11)^2-0.000591046*(D11)^2-0.000898557*(B11*D11)$$
  
 F15=光沢-V  

$$=52.7024+0.5178*(B11)-0.024975*(D11)$$
  
 G15=DO1-V  

$$=62.0129+0.4072*(B11)-0.02155*(D11)$$
  
 H15=はがれ-V  

$$=19.3153+2.44122*(C11)+0.0317729*(B11)^2-0.0714421*(B11*C11)$$
  
 I15=OAR-H  

$$=133.276-3.71087*(B11)+0.0574267*(B11)^2$$
  
 J15=OAR-V  

$$=44.1356+1.26323*(C11)-0.0173*(D11)+0.0203483*(B11)^2-0.00369994*(B11*C11)$$
  
 C20=平均膜形成  

$$=2.70744+0.188153*(B11)-0.00305333*(B11)^2+0.000411889*(B11*C11)+0.0000323845*(C11*D11)$$
  
 E20=ベルパターン幅(インチ)

\*図10に示すセルのいくつかのための式表現を明らかにするものである。とくに、DO1-H塗装反応のための式を場所146におけるスプレッドシートセルD15内に示す。場所146におけるスプレッドシートセルD15に対する式は： $72.546+0.00776151*(B11)^2-0.000599535*(B11*D11)$ である。B11とD11は、ベル速さ塗装ファクタおよびベル塗料塗装ファクタ（それらはそれぞれ図10の場所138と142にある）のための塗装ファクタ値を指すために式内で用いる。

【0036】場所146における式は、DO1-H塗装反応を持つベル速さ塗装ファクタとベル塗料塗装ファクタとの間の相互関係を、部分的に、学習した実験の設計により決定された。ベル速さ塗装ファクタおよびベル塗料塗装ファクタを修正するとそれに従ってDO1-H塗装反応が場所146における式に従って変化する。下記は図10で使用する照明器のリストである。

【0037】

15

16

$$=63.755-3.2912*(B11)+0.06825*(D11)+0.062*(B11)^2-0.0218373(B11*C11)$$

H20=パターンの%変化

$$=-137.903+10.7953*(C11)+0.00161494*(D11)^2-0.0340872*(B11*C11)-0.0317616*(C11*D11)$$

J20=ポップ値

$$=-22.7723+0.185199*(D11)+0.0355602*(B11)^2+0.0281077*(C11)^2-0.0435004*(B11*C11)-0.0052914*(D11*B11)$$

塗装ファクタ修正と塗装反応修正との例を図12に示す。図12では、ベル塗料塗装ファクタ値が値295から値240まで減少させられている。修正はDO1-H値を図10の場所146に示す式に従って変化する。

【0038】1つまたは複数の塗装反応に対する希望のレベルを達成するように、コンピューター・ヒューマン・インタフェースを、図12に示すように、使用して塗装ファクタレベルを修正できる。この好適な実施の形態では、塗装ファクタレベルと共に塗装反応レベルを最適にする（すなわち、協働最適化を行う）際にユーザーを支援するために簡単な数学技術を使用する。

【0039】図13は、塗装ファクタ情報と塗装反応情報とに対して簡単な数学技術を実行するための種々のステップを与える流れ図である。スタートブロック250が、ブロック254を実行すべきことを指示する。ブロック254では、希望の塗装反応制約が課される。ブロック258は、塗装ファクタを制約されている塗装ファクタ範囲内に維持するために希望の塗装ファクタに制約を課す。

【0040】ブロック262は制約と、塗装ファクタ値と、塗装反応値とに対して簡単な数学演算を実行する。ブロック266で、塗装ファクタ設定と塗装反応設定が希望の制約を満たすまでパラメータが修正される。ブロック272では、塗装装置デバイス制御器設定が、修正されたパラメータを基にして制御される。処理は終了ブロック276で終了する。

【0041】図14は、協働最適化を行うために簡単な数学技術を用いるための好適な実施の形態を示すスクリーン表示である。この好適な実施の形態は、協働最適化を行うためにMicrosoft Excel Solver機能を用いる。しかし、本発明はこの実施の形態に限定されるものではなく、コンピュータ環境内で簡単な数学技術を実行するための他の手法を含む。たとえば、種々の塗装ファクタ情報と塗装反応情報を読出すことができるFORTRANコンピュータプログラムを用いて簡単な数学技術を実行できる。更に、(BBN software Products CompanyからのRS/1およびWiley Professiona

1 Computer CompanyからのX-statなどの)他の統計パッケージを用いて簡単な数学技術を実行できる。

【0042】Microsoft Excel Solver機能は、塗装ファクタと塗装反応に対して簡単な数学技術を実行するために必要な種々のデータ項目を指定するために、ウィンドウ280を設ける。ウィンドウ280によって「目標セル」を指定できるようにされる。目標スプレッドシートセルは最小に、最大に、またはある値に、セットすべきセルである。ウィンドウ280によって、「変化するセル」を指定することもできる。「変化するセル」は、解が見つかるまで調整すべきセルである。また、ウィンドウ280により、「制約セル」を指定できる。「制約セル」は、指定された限界内に入るべきセル、または目標値を満たすべきセルである。

【0043】下記は本発明内の塗装ファクタと塗装反応との協働最適化の例である。工場内では、スプレーガンは、シェーピングエアの30 p. s. i. の下限制御設定で一貫して吹き付けていたのではないと仮定する。塗装作業員は4つの希望の塗装反応を達成しながらその塗装ファクタを上昇することを希望した。4つの希望の塗装反応とは、0.8と1.0の間の平均膜形成、17.9と18.5の間のベルパターン幅、1.5より小さいポップ値、およびパターンの%変化のための最小値である。

【0044】本発明は、Microsoft Excel Solverパラメータを下記の値に設定することにより、それらの希望の塗装反応を達成することに制約される。

【0045】目標セルを設定する：\$H\$20（これはパターンの%変化である）が「最小制約設定に等しくセットされる。

変化するセルを設定する：\$B\$11：\$D\$11（すなわち、塗装ファクタ値を変化できるようにする）

ベル速さに対する下記の塗装ファクタ制約を設定する：

$$\$B\$11 \leq 40$$

$$\$B\$11 = \text{整数}$$

\$B\$11>=30

シェーピングエアに対する下記の塗装ファクタ制約を設定する:

\$C\$11<36

\$C\$11=整数

\$C\$11>=35

ベル液に対する下記の塗装ファクタ制約を設定する:

\$D\$11<=300

\$D\$11=整数

\$D\$11>=220

平均膜形成に対する下記の塗装反応ファクタ制約を設定する:

C20=平均膜形成

$$=-2.70744+0.188153*(B11)-0.00305333*(B11)^2+0.000411889*(B11*C11)+0.0000323845*(C11*D11)$$

である。

※ ※ 【0046】ベルパターン幅に特有の方程式は、

E20=ベルパターン幅 (インチ)

$$=63.755-3.2912*(B11)+0.06825*(D11)+0.062*(B11)^2-0.0218373*(B11*C11)$$

である。ポップ値に特有の方程式は、

J20=ポップ値

$$=-22.7723+0.185199*(D11)+0.0355602*(B11)^2+0.0281077*(C11)^2-0.0435004*(B11*C11)-0.0052914*(D11*B11)$$

である。パターンの%変化に特有の方程式は、

H20=パターンの%変化

$$=-137.903+10.7953*(C11)+0.00161494*(D11)^2-0.0340872*(B11*C11)-0.0317616*(C11*D11)$$

である。前の例に対しては、下記が Solver に対する選択値である:

最長時間=100秒

反復数=100

精度=0.000001

許容誤差=5%

見積もり=正接

導関数 (derivative) = 前方 (forward)

サーチ=ニュートン

【0047】上で概略を述べたようにして Solver を設定すると、Solver 演算が、4つの希望の塗装反応を満たす塗装ファクタのためのレベルを決定する。Solver 演算の結果を図15に示す。したがって、塗装装置を一層高くして、一層一貫する35 p. s. i. のシェーピングエアレベルに設定して、希望の塗装反応を達成できる。

【0048】更に、塗装装置という用語は、塗料を吹き

\* \$C\$20<=1

\$C\$20>=0.8

ベルパターン幅に対する下記の塗装反応ファクタ制約を設定する:

\$E\$20<=18.5

\$E\$20>=17.9

ポップ値に対する下記の塗装反応ファクタ制約を設定する:

\$J\$20<=1.5

10 Solver 技術は各塗装反応に対して特定の方程式に組合わせてそれらの制約を使用する。この例の平均膜形成に特有の方程式が、

付ける装置に限定されるのではなく、吹き付け機に供給する塗料の準備もする工場内の塗装装置を含むことを理解すべきである。したがって、本発明は、吹き付け塗装装置に供給される塗料の粘度などのその他の塗装属性のための設定を設定することもできる。たとえば、粘度塗装ファクタを、たれまたはポップなどの塗装反応に上記のようにして組合わせることができる。このようにして、吹き付け塗装装置に最終的に供給される物質は、協働最適化された塗装ファクタおよび塗装反応を基にして準備される。

【0049】図16は本発明におけるメモリの構成を示す。第1のコンピュータ22がファクター反応モデル72を基にして塗装ファクタ計算と塗装反応計算を行う。計算した値をその後で用いて、希望の塗装反応を達成できるように塗装装置の制御設定を行う。第1のコンピュータ22はメモリ320を有する。そのメモリはデータ構造324を含む。データ構造324は塗装ファクタ制約データ構造336と、塗装反応制約データ構造340

も含む。

【0050】塗装ファクタデータ構造328と塗装反応データ構造332は、データベースに蓄積されているファクター反応モデル72をアクセスする。塗装ファクタデータ構造328は、塗装ファクタがどのようなものであるか、ベル速さなど、を指示する塗装ファクタタイプデータを含む。塗装ファクタデータ構造328は、塗装ファクタタイプデータ中の塗装ファクタの各タイプごとに値を保持するために、塗装ファクタ値も含む。塗装ファクタタイプデータと塗装ファクタ値データはまとめて塗装ファクタデータ329と呼ばれ、その複数の度が塗装ファクタデータ329を表すために用いられる多数の楕円により示される。

【0051】例として、塗装ファクタデータ構造328は下記のようなデータを持つことができる。

塗装ファクタタイプデータ：\$B\$11

塗装ファクタ値データ：40

ここに、\$B\$11は、好適な実施の形態では、塗装ファクタタイプが「ベル速さ」であることを指定するため\*

塗装反応値データ＝

$$\begin{aligned} & -2.70744 + 0.188153 * (B11) - 0.0030533 \\ & 3 * (B11)^2 + 0.00411889 * (B11 * C11) + 0. \\ & 0000323845 * (C11 * D11) \end{aligned}$$

【0054】更に、データ構造324は塗装ファクタ制約データ構造336と塗装反応制約データ構造340を含む。塗装ファクタ制約データ構造336は、塗装ファクタデータ構造328と塗装反応データ構造332とに対して簡単な数学技術が実行されている間に、塗装ファクタタイプデータのどれが制約されているかを指示する。塗装ファクタ制約データ構造336は、簡単な演算中に制約すべき塗装ファクタタイプデータに対して、どれが許容できる値範囲であるかを指示する。

【0055】たとえば、塗装ファクタ制約データ構造336は、塗装ファクタベル速さ（すなわち、\$C\$11）が簡単な演算中に下記の制約を受けることを指示するために下記のデータを有することができる。

$$\$B\$11 \leq 40$$

$$\$B\$11 = \text{整数}$$

$$\$B\$11 \geq 30$$

【0056】塗装反応制約データ構造340は、塗装ファクタデータ構造328と塗装反応データ構造332とに対して簡単な数学技術が実行されている間に、塗装反応タイプデータのどれが制約されているかを指示する。塗装反応制約データ構造340は、簡単な演算中に制約すべき塗装反応タイプデータに対して、どれが許容できる値範囲であるかを指示する。

【0057】たとえば、塗装反応制約データ構造340は、塗装反応平均膜形成（すなわち、\$C\$20）が簡単な演算中に下記の制約を受けることを指示するために下記のデータを有することができる。

\*に用いられる。

【0052】塗装反応データ構造332は、塗装反応がどのようなものであるか、平均膜形成など、を指示する塗装反応タイプデータを含む。塗装反応データ構造332は、塗装反応タイプデータ中の塗装反応の各タイプごとに値を保持するために、塗装反応値も含む。塗装反応タイプデータは塗装反応タイプデータに対して機能的な関係を有する。各塗装反応タイプデータに対する塗装反応値データは塗装ファクタデータと相互関係を基にして決定される。塗装反応タイプデータと塗装反応値データはまとめて塗装反応データ333と呼ばれ、その複数の度が塗装反応データ333を表すために用いられる多数の楕円により示される。

【0053】例として、塗装反応データ332は下記のようなデータを持つことができる。

塗装反応タイプデータ：\$C\$20

ここに、\$C\$20は、好適な実施の形態では、平均膜形成であることを指すために用いられる。

$$\$C\$20 \leq 1$$

$$\$C\$20 \geq 0.8$$

【0058】上で説明した実施の形態は説明のためのものであって、本発明を限定することを意図するものではない。添付した請求の範囲により定められる本発明の要旨および範囲を逸脱することなく、明細書で説明した実施の形態に対して種々の変更および修正を加えることができることを当業者は分かるであろう。

【0059】本発明の制御器は、自動車工場において、たとえば車またはその部品の、塗装作業を制御するために通常用いられる。通常、そのような塗装は吹き付けまたは静電装置による。その場合には、制御器からの出力を用いて、たとえば、吹き付け器において用いられる空気圧力、とくに、霧化空気およびファン空気、などの「シェーピングエア」、塗料の付着速度、および塗料の流れの面、および目標距離およびベル速さなどの塗装作業におけるその他の制御可能な変数、を制御する。そのような機能のための制御を用いて、たとえば、膜形成、外観、およびピンホール、ポッピングおよびたれ名度の諸問題に起因する全体的な欠陥率に影響を及ぼすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の塗装技術で使用されているいくつかの塗装ファクター反応のグラフを示す三次元グラフである。

【図2】従来の塗装技術で使用されている塗装ファクター反応の相互関係の輪郭図である。

【図3】従来の塗装技術で使用されている塗装ファクタ

一反応の相互関係の輪郭図である。

【図4】従来の塗装技術で使用されている塗装ファクタ一反応の相互関係の輪郭図である。

【図5】協働最適化コンピュータおよび塗装装置を示す略図である。

【図6】塗装ファクタと塗装反応を示す本発明のスクリーン表示の例である。

【図7】本発明の種々の部品の相互関係を示す実体関係図である。

【図8】塗装装置の制御に使用する塗装ファクタを決定するためのステップを示す流れ図である。

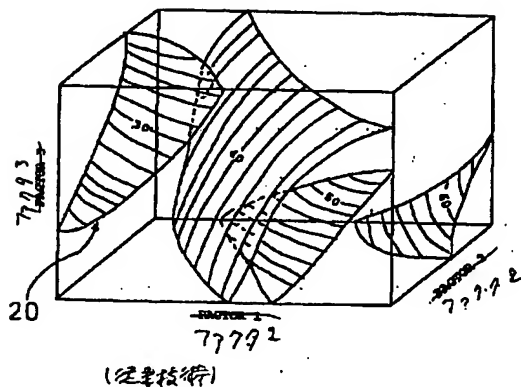
【図9】塗装装置の制御に使用する塗装ファクタを決定するためのステップを示す流れ図である。

【図10】図6のスクリーン表示のためのセル場所を示すスクリーン表示である。

【図11】図10のスクリーン表示内に含まれているいくつかのセルの処方値を示すスクリーン表示である。

【図12】塗装ファクタ設定が修正されているスクリー

【図1】



ン表示である。

【図13】塗装ファクタと塗装反応に対して協働最適化を実行するためのステップを示す流れ図である。

【図14】塗装ファクタおよび塗装反応に関して協働最適化を示すスクリーン表示である。

【図15】塗装ファクタおよび塗装反応に関して協働最適化を示すスクリーン表示である。

【図16】本発明のメモリおよびデータ構造を示す略図である。

【符号の説明】

22 コンピュータ

24 スプレーガン

25 データ通信リンク

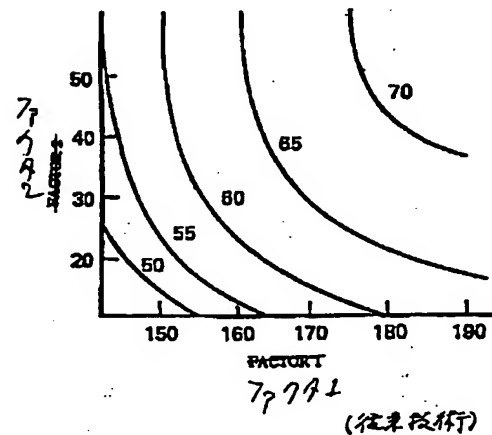
26 コンピュータ

29 コンピューター・ヒューマン・インタフェース

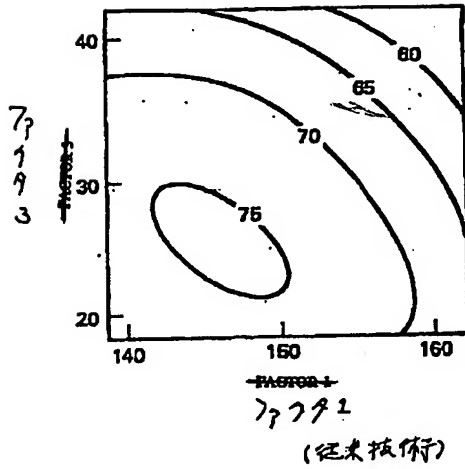
72 ファクター反応モデル

108 塗装装置

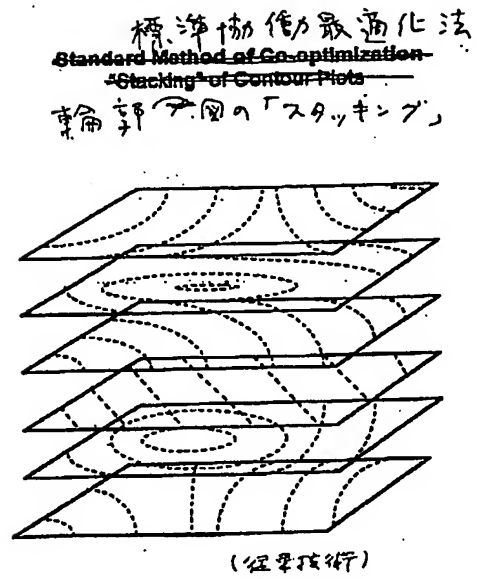
【図2】



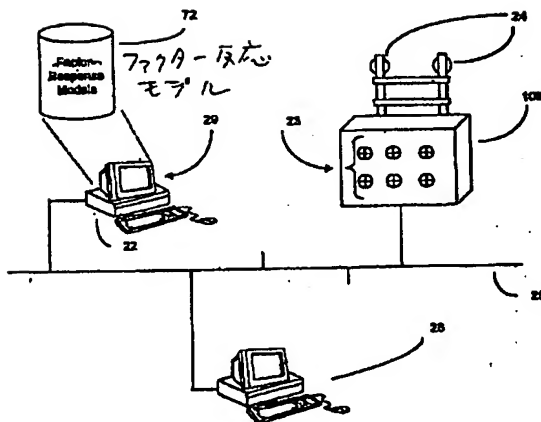
【図3】



【図4】



【図5】





【図6】

PAINT IDENTIFICATION NO. 42

| Factors Studied: |                       |
|------------------|-----------------------|
|                  | Factor Levels/Choices |
| Ball Speed:      | 30K - 40K RPM         |
| Shaping Air:     | 28 - 38 psi           |
| Ball Fluids:     | 220 - 300 cc/min      |

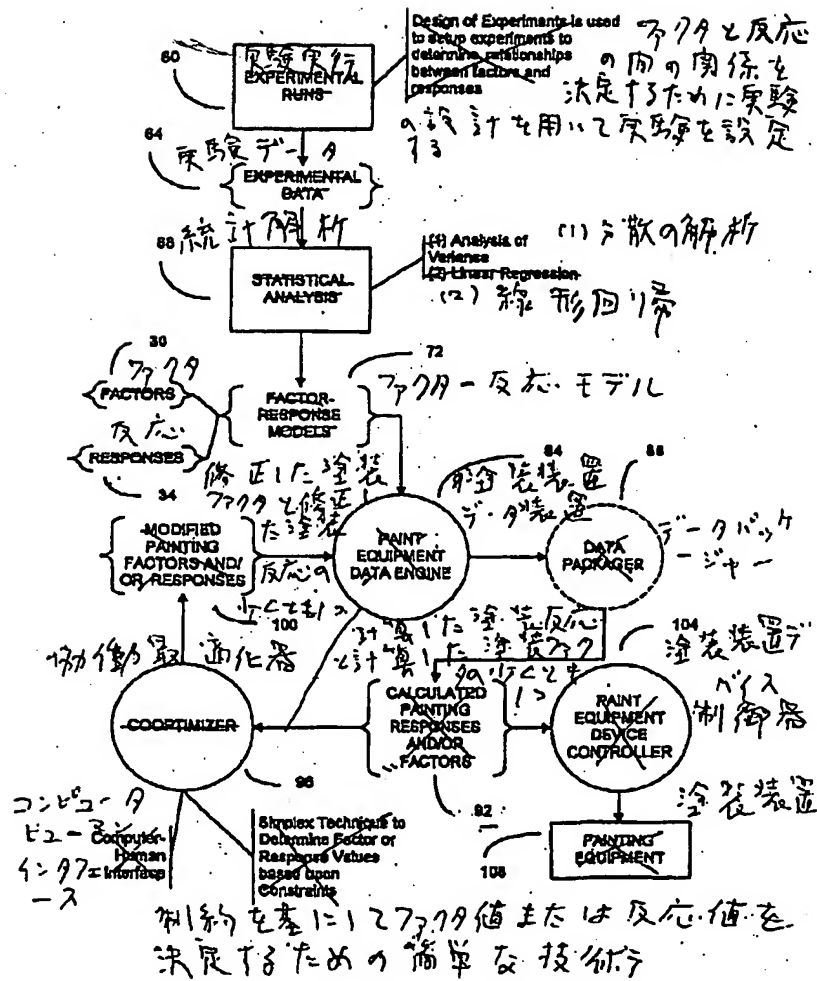
| Factor Settings |             |             |
|-----------------|-------------|-------------|
| Ball Speed      | Shaping Air | Ball Fluids |
| 40              | 30          | 285         |

| Appearance Response Results |         |       |        |         |       |        |       |       |
|-----------------------------|---------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
|                             | Gloss-H | DOI-H | Peel-H | Gloss-V | DOI-V | Peel-V | OAR-H | OAR-V |
|                             | 73.39   | 77.89 | 79.35  | 66.05   | 71.94 | 57.86  | 76.72 | 65.09 |
| R-sq. (adj):                | 63.5%   | 64.2% | 46.5%  | 78.2%   | 77.8% | 18.3%  | 45.2% | 62.3% |

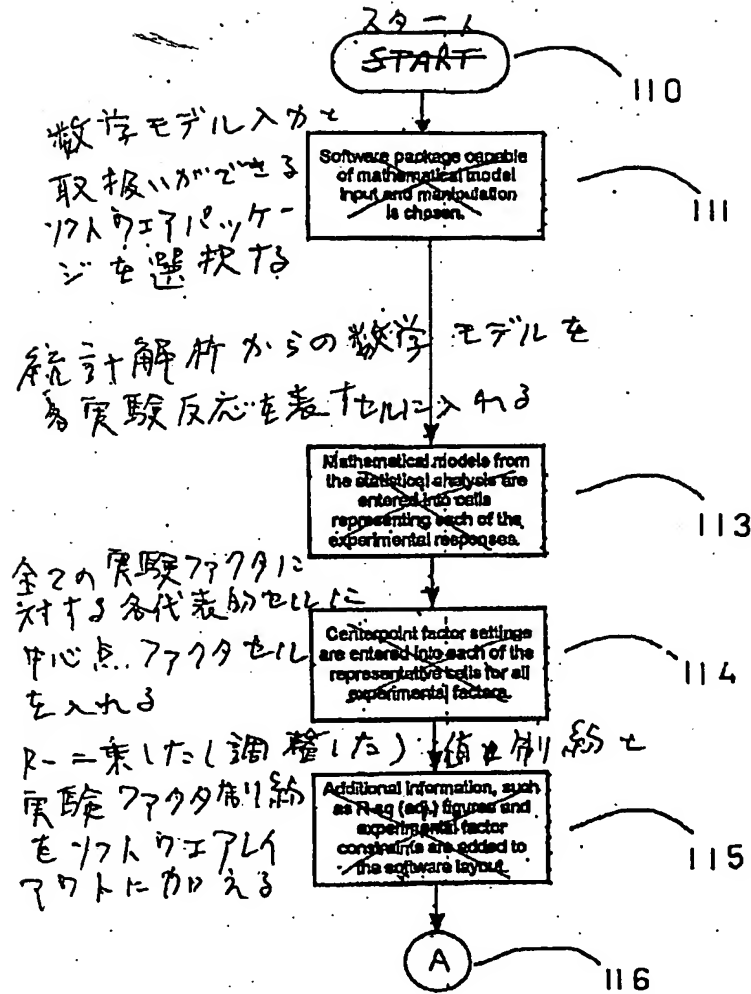
| Application Response Results |                             |                      |           |       |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------|-------|
| Avg. Film Build              | Ball Pattern Width (inches) | % Variat. in Pattern | Pop Value |       |
| 0.71                         | 25.24                       | 4.50                 | -0.6      |       |
| R-sq. (adj):                 | 88.5%                       | 80.7%                | 69.4%     | 72.4% |

Pop Rating: 1 - 5 Rating  
(5 = Failure)

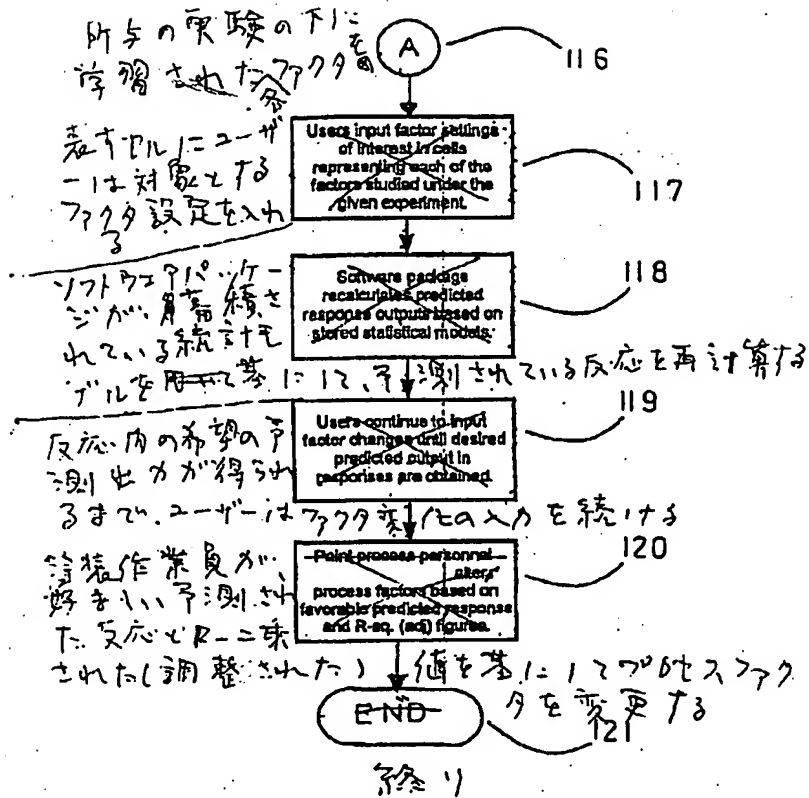
【図7】



【図8】



【図9】



【図 1.0】

134

PAINT IDENTIFICATION NO. \_\_\_\_\_

| Factors Studied: |                   | Factor Levels/Choices |
|------------------|-------------------|-----------------------|
| Ball Speed:      | 30K - 40K RPM     |                       |
| Shaping Air:     | 38 - 36 psi       |                       |
| Ball Fluids:     | 220 - 300 cSt/min |                       |

Factor Settings

| Ball Speed | Shaping Air | Ball Fluids |
|------------|-------------|-------------|
| 40         | 30          | 285         |

138      142

Appearance Response Results

|              | Gloss-H | DOI-H | Peel-H | Gloss-V | DOI-V | Peel-V | QAR-H | QAR-V |
|--------------|---------|-------|--------|---------|-------|--------|-------|-------|
|              | 73.39   | 77.69 | 73.33  | 68.03   | 71.64 | 57.69  | 76.72 | 63.09 |
| R-sq. (adj): | 83.0%   | 84.2% | 83.0%  | 79.8%   | 77.8% | 78.3%  | 88.2% | 82.3% |

146

Application Response Results

|              | Avg. Film Build | Ball Pattern Width (Inches) | % Variat. in Pattern | Pop Value |
|--------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|-----------|
|              | 0.71            | 23.24                       | 4.50                 | -0.6      |
| R-sq. (adj): | 88.5%           | 80.7%                       | 80.4%                | 72.4%     |

Pop Rating: 1 - 5 Rating  
(5 = Failure)

130

【図11】

|    | D  | E          |
|----|--|------------|
| 1  |  |            |
| 2  |  |            |
| 3  |  |            |
| 4  |  |            |
| 5  |  |            |
| 6  |  |            |
| 7  |  |            |
| 8  |  |            |
| 9  |  |            |
| 10 | Ball Fluids  |            |
| 11 | 295  |            |
| 12 |  |            |
| 13 |  |            |
| 14 | DOI-H  | Peel-H     |
| 15 | $=72.846+0.00778151*(B11)^2-0.0000898331*(B11)*D11$                    |            |
| 16 | 0.5421   | 0.4551     |
| 17 |  |            |
| 18 |  |            |
| 19 |  | Ball Patts |
| 20 | $=83.753-3.2812*(B11)+0.06825*(D11)+0.052*(B11)^2-0.0218373*(B11)*D11$ |            |
| 21 |  |            |
| 22 |  |            |
| 23 |  |            |
| 24 |  |            |

【図14】

280

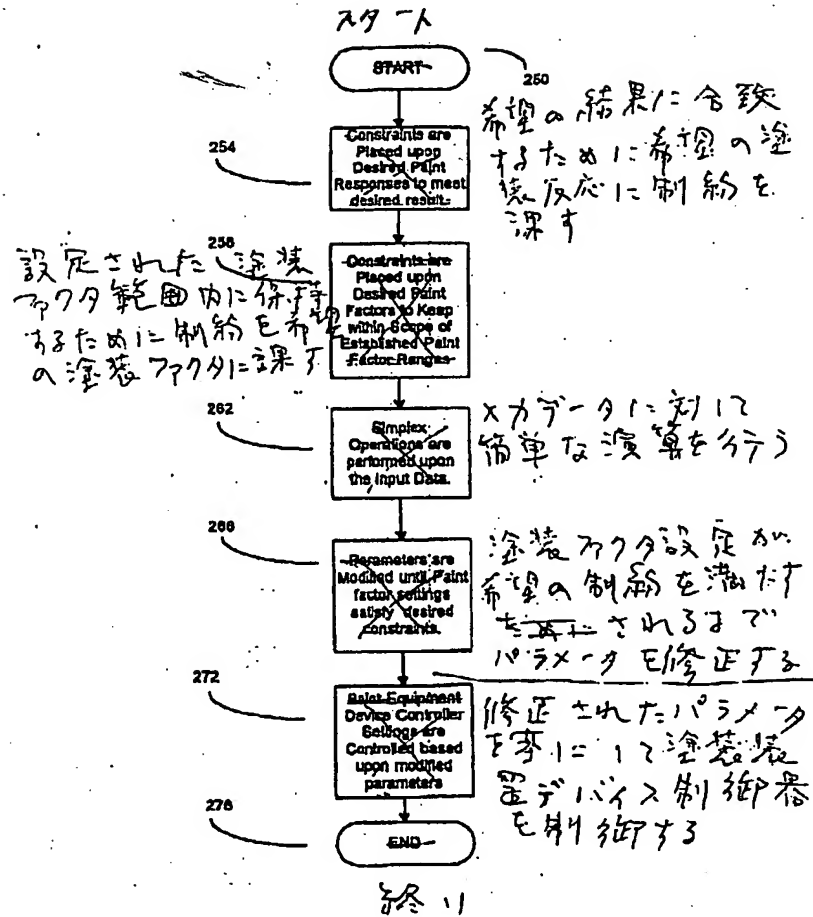
| Factors Studied:   |                | Factor Levels/Choices |  |
|--|----------------|-----------------------|--|
| Ball Speed:  | 20K-40K RPM    |                       |  |
| Shaping Air:   | 28-38 psi      |                       |  |
| Ball Fluids:   | 220-260 cc/min |                       |  |
| Factor Settings  |                |                       |  |
| Ball Speed   | Shaping Air    | Ball Fluids           |  |
| 40   | 30             | 295                   |  |
| <div> <div>Solver Parameters</div> <div>           Solving: <input type="radio"/> Min <input type="radio"/> Max <input type="radio"/> Value of: 0         </div> <div>           By Changing Variable(s):         </div> <div> <input type="text" value="\$B\$11:\$D\$11"/> </div> <div>           Solver Constraints:         </div> <div> <input type="text" value="\$B\$11 &lt;= 40"/> </div> <div> <input type="text" value="\$B\$11 = Integer"/> </div> <div> <input type="text" value="\$B\$11 &gt;= 30"/> </div> <div> <input type="text" value="\$C\$11 &lt;= 38"/> </div> <div> <input type="text" value="\$C\$11 = Integer"/> </div> <div> <input type="text" value="\$C\$11 &gt;= 28"/> </div> <div> <input type="button" value="Solve"/> <input type="button" value="Help"/> <input type="button" value="Load/Save"/> <input type="button" value="Options"/> <input type="button" value="Reset All"/> <input type="button" value="Reset"/> </div> </div> |                |                       |  |



【图 1 2】

| A  | B                                     | C                           | D           | E       | F                    | G      | H     | I         | J     |
|----|---------------------------------------|-----------------------------|-------------|---------|----------------------|--------|-------|-----------|-------|
| 1  | <b>PAINT IDENTIFICATION NO.</b> _____ |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 2  |                                       |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 3  | <b>Factors Studied:</b>               |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 4  | <b>Factor Levels/Choices</b>          |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 5  | Ball Speed:                           | 30K - 60K RPM               |             |         |                      |        |       |           |       |
| 6  | Shaping Air:                          | 28 - 38 psi                 |             |         |                      |        |       |           |       |
| 7  | Ball Fluids:                          | 220 - 300 cc/min            |             |         |                      |        |       |           |       |
| 8  |                                       |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 9  | <b>Factor Settings</b>                |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 10 | Ball Speed                            | Shaping Air                 | Ball Fluids |         |                      |        |       |           |       |
| 11 | 40                                    | 30                          | 240         |         |                      |        |       |           |       |
| 12 |                                       |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 13 | <b>Appearance Response Results</b>    |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 14 | Gloss-H                               | DOH                         | Post-H      | Gloss-V | DOV                  | Post-V | GAR-H | GAR-V     |       |
| 15 | 74.97                                 | 73.21                       | 75.73       | 67.42   | 73.13                | 67.88  | 76.72 | 86.04     |       |
| 16 | R-sq. (adj):                          | 69.5%                       | 54.2%       | 45.8%   | 78.0%                | 77.8%  | 18.3% | 68.2%     | 82.5% |
| 17 |                                       |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 18 | <b>Application Response Results</b>   |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 19 | Avg. Film Build                       | Ball Pattern Width (Inches) |             |         | % Variat. in Pattern |        |       | Pop Value |       |
| 20 | 0.56                                  | 21.48                       |             |         | 8.39                 |        |       | 8.9       |       |
| 21 | R-sq. (adj):                          | 66.8%                       |             |         | 71.5%                |        |       | 72.4%     |       |
| 22 |                                       |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 23 | <b>Pop Rating: 1 - 5 Rating</b>       |                             |             |         |                      |        |       |           |       |
| 24 | <b>(5 = Failure)</b>                  |                             |             |         |                      |        |       |           |       |

【図13】



【图 1-5】

| A  | B                                     | C                                  | D                  | E              | F                           | G             | H            | I                | J     |
|----|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------|----------------|-----------------------------|---------------|--------------|------------------|-------|
| 1  | <b>PAINT IDENTIFICATION NO.</b> _____ |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 2  |                                       |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 3  | <b>Factors Studied:</b>               |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 4  | <b>Factor Levels/Chokes</b>           |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 5  | <b>Ball Speed:</b>                    | 30K-40K RPM                        |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 6  | <b>Shaping Air:</b>                   | 28-36 psi                          |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 7  | <b>Ball Fluids:</b>                   | 220-300 cc/min                     |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 8  |                                       |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 9  | <b>Factor Settings</b>                |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 10 | <b>Ball Speed</b>                     | <b>Shaping Air</b>                 | <b>Ball Fluids</b> |                |                             |               |              |                  |       |
| 11 | 36                                    | 36                                 | 285                |                |                             |               |              |                  |       |
| 12 |                                       |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 13 | <b>Appearance Response Results</b>    |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 14 | <b>Gloss-H</b>                        | <b>DOI-H</b>                       | <b>Peel-H</b>      | <b>Gloss-V</b> | <b>DOI-V</b>                | <b>Peel-V</b> | <b>QAR-H</b> | <b>QAR-V</b>     |       |
| 15 | 72.31                                 | 77.03                              | 72.11              | 68.01          | 74.12                       | 58.35         | 78.19        | 63.28            |       |
| 16 | <b>R-sq. (adj):</b>                   | 88.5%                              | 94.2%              | 48.5%          | 70.2%                       | 71.2%         | 19.2%        | 48.2%            | 62.3% |
| 17 |                                       |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 18 | <b>Application Response Results</b>   |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 19 | <b>Avg. Filmbuild</b>                 | <b>Ball Pattern Width (inches)</b> |                    |                | <b>% Variat. in Pattern</b> |               |              | <b>Pop Value</b> |       |
| 20 | 0.94                                  | 18.48                              |                    |                | 7.33                        |               |              | 0.8              |       |
| 21 | <b>R-sq. (adj):</b>                   | 80.8%                              |                    |                | 71.3%                       |               |              | 72.4%            |       |
| 22 |                                       |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 23 | <b>Pop Rating: 1-5 Rating</b>         |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |
| 24 | <b>(5 = Failure)</b>                  |                                    |                    |                |                             |               |              |                  |       |

【図1.6】

